

Надбання наукових шкіл

УДК 622.28.004.18

Г.Г. Пивняк, В.В. Косарев, Н.И. Стадник, В.В. Ткачев

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності вугільної галузі за рахунок впровадження високопродуктивного встаткування нового покоління – двостійкових щитових кріплень КД90, ДМ, КДД і ДТ.

Рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности угольной отрасли за счет внедрения высокопроизводительного оборудования нового поколения – двухстоечных щитовых крепей КД90, ДМ, КДД и ДТ.

Questions for energetic efficiency increase in coal branch by introducing of highly productive equipments of a new generation – double-rack shield lining KD90, DM, KDD and DT are described.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Угольная промышленность Украины является крупнейшим потребителем электроэнергии (около 9 млрд. кВт·ч/т) [1]. Добыча угля шахтным способом является энергоемким производством.

Эффективность использования электрической энергии на угольных предприятиях характеризуется величиной удельного электропотребления (кВт·ч/т) – комплексным показателем технического и технологического уровня производства, а также рационального использования электроэнергии. На величину удельного энергопотребления влияют: объем добычи угля и способ его выемки, способ проведения подготовительных выработок, протяженность транспорта, глубина залегания, мощность и угол падения пластов, крепость угля и проходимых пород, водо- и газообильность, протяженность поддерживаемых выработок, техническая оснащенность.

Следует отметить, что для целого ряда шахт значительная энергоемкость добычи угля определяется низкой производительностью, а также изношенностью и неудовлетворительным техническим уровнем оборудования.

Существенным потенциалом энергосбережения и уменьшения удельного электропотребления в угольной отрасли является повышение эффективности производства, обеспечение стабильной и высокопроизводительной работы угольных предприятий.

Анализ исследований и публикаций. Объективным фактором, обуславливающим значительное удельное энергопотребление украинских шахт, являются сложные горно-геологические условия пластов Украины, характеризующихся малой мощностью (в среднем 1,2 м), преимущественно неустойчивыми боковыми породами, наличием значительного количества геологических нарушений.

Для удельного расхода электроэнергии угольных предприятий Украины характерен большой разброс значений. За первые три квартала 2008 г. минимальные показатели свойственны (в кВт·ч/т): ГП «Свердловантрацит» (43,48), ГП «Ровенькиантрацит» (50,73), ГП «Львовуголь» (57,58). В числе предприятий с наиболее высокими удельными энергозатратами – ГП «Артемуголь» (394,45 кВт·ч/т), ГП «Дзержинскуголь» (403,6 кВт·ч/т), ГП «Орджоникидзеуголь» (429,22 кВт·ч/т). Диапазон изменения среднего удельного электропотребления за период с 2000 по 2007 годы – от 105,2 до 83 кВт·ч/т.

Для сравнения: за 1981-1990 годы по статистике Минуглепрома СССР средний удельный расход электроэнергии по украинским шахтам возрос с 63,7 до 84,0 кВт·ч/т (при этом объем добычи угля за год снизился со 184,6 до 158,3 млн. т, средняя глубина разработки увеличилась с 593 до 659 м). В этот период среднесуточная нагрузка на один забой составляла 311 т, на комплексно-механизированный забой (КМЗ) – 548 т.

Доля электроэнергии в общем балансе энергопотребления шахт составляет 80-90 % [1]. Структура его по основным технологическим звеньям в среднем по отрасли характеризуется

следующими показателями (в процентах): общешахтная вентиляция – 20; водоотливные установки – 17,6; компрессорные установки – 10,6; подъемные установки по выдаче угля, породы, спуску и подъему людей, материалов, оборудования – 11; подземный транспорт – 12; проведение подготовительных выработок – 10; выемка и транспортировка угля из очистных забоев – 8; дегазация – 1,3; охлаждение воздуха – 0,4; прочие нужды (технологический комплекс на поверхности, котельные, механические мастерские, административно-бытовые комбинаты) – 7,1 [1].

Всю электроэнергию W_i , потребляемую шахтой в i -ом году, можно представить в виде двух слагаемых: постоянной составляющей, не зависящей от производительности, и переменной, пропорциональной производительности шахты [2]:

$$W_i = W_{ci} + a_{vi}A_i, \quad (1)$$

где W_{ci} – постоянная составляющая, не зависящая от производительности шахты; a_{vi} – удельный технологический расход электроэнергии на единицу продукции без учета расхода энергии на вспомогательные цели; A_i – объем добычи шахты.

Постоянная составляющая включает энергию, потребляемую такими непроизводственными установками, как вентиляторные, водоотливные, калориферные, людской подъем, собственные нужды этих установок и шахты в целом. На процессы, непосредственно не связанные с добычей угля, расходуется 57-80% всей потребляемой электроэнергии [3].

К переменной составляющей $a_{vi}A_i$ относится электроэнергия, потребляемая оборудованием, непосредственно обслуживающим технологический процесс (очистные и подготовительные работы, транспорт и т. д.).

Полный удельный расход электроэнергии a_i с учетом (1):

$$a_i = \frac{W_{ci}}{A_i} + a_{vi} = a_{ci} + a_{vi}, \quad (2)$$

где a_{ci} – составляющая удельных энергозатрат, определяемая электроэнергией, не зависящей от производительности шахты.

Как следует из (2), увеличение объема добычи обуславливает уменьшение удельного электропотребления и связанное с этим снижение себестоимости угледобычи.

Постановка задачи. Цель данной работы – исследовать возможности повышения энергетической эффективности (снижения удельного электропотребления) шахт, а также угольной отрасли в целом за счет возрастания нагрузок на лавы, в том числе благодаря внедрению новой высокопроизводительной техники, разработанной ГП «Донгипроуглемаш».

Изложение материала и результаты. Расчетную экономию электроэнергии за счет увеличения производительности шахты (и отрасли в целом) можно определить по формуле (3):

$$\Delta W_t = A_t(a_0 - a_t), \quad (3)$$

где ΔW_t – экономия электроэнергии в t -ом году по сравнению с базовым (сравниваемым) годом; A_t – добыча в t -ом (исследуемом) году; a_0 и a_t – удельные энергозатраты в базовом и исследуемом t -ом годах соответственно.

Снижение удельных энергозатрат Δa_t в исследуемом году по сравнению с базовым:

$$\Delta a_t = \dot{a}_0 - \dot{a}_t = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \frac{W_{c0}}{A_0} + \frac{\Delta W_{ct}}{A_t} + \Delta a_{vt} = \psi_0 \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \frac{W_0}{A_0} + \frac{\Delta W_{ct}}{A_t} + \Delta a_{vt}, \quad (4)$$

где W_{c0} – постоянная составляющая, не зависящая от производительности в базовом году; A_0 – добыча в базовом году; α – коэффициент роста добычи в исследуемом t -ом году относительно базового; ψ_0 – доля постоянной составляющей в общем расходе

электроэнергии в базовом году; W_0 – электроэнергия, израсходованная в базовом году; ΔW_{ct} – изменение постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии в t -ом (исследуемом) году; Δa_{vt} – сокращение удельных технологических энергозатрат в t -ом (исследуемом) году.

Составляющая $\psi_0 \frac{W_0}{A_0} (1 - \frac{1}{\alpha})$ представляет собой снижение удельных энергозатрат $\Delta \dot{a}_{\tilde{it}}$ за счет увеличения объема добычи:

$$\Delta a_{\tilde{it}} = \psi_0 \frac{W_0}{A_0} (1 - \frac{1}{\alpha}) = \psi_0 \dot{a}_0 (1 - \frac{1}{\alpha}). \quad (5)$$

Принимая во внимание (5), относительное изменение удельных энергозатрат $\frac{\Delta a_{\tilde{it}}}{a_0}$ за счет увеличения объема добычи в исследуемом t -ом году по сравнению с базовым:

$$\frac{\Delta a_{\tilde{it}}}{a_0} = \psi_0 (1 - \frac{1}{\alpha}). \quad (6)$$

Из (6) видно, что относительное снижение удельных энергозатрат $\frac{\Delta a_{\tilde{it}}}{a_0}$ определяется долей постоянной составляющей энергопотребления ψ_0 и коэффициентом роста добычи α .

Исходя из (3) и (4):

$$\Delta W_t = \psi_0 (\alpha - 1) W_0 + \Delta W_{ct} + \Delta a_{vt} A_t. \quad (7)$$

С учетом (7) расчетное уменьшение расхода электроэнергии ΔW_c стационарными установками, формирующими постоянную составляющую электропотребления:

$$\Delta W_{\tilde{t}} = \psi_0 (\alpha - 1) W_0 = \psi_0 (\alpha - 1) a_0 A_0. \quad (8)$$

Зависимость относительного и абсолютного снижения удельных энергозатрат в зависимости от роста объема добычи приведена на рис. 1 и в табл. 1.

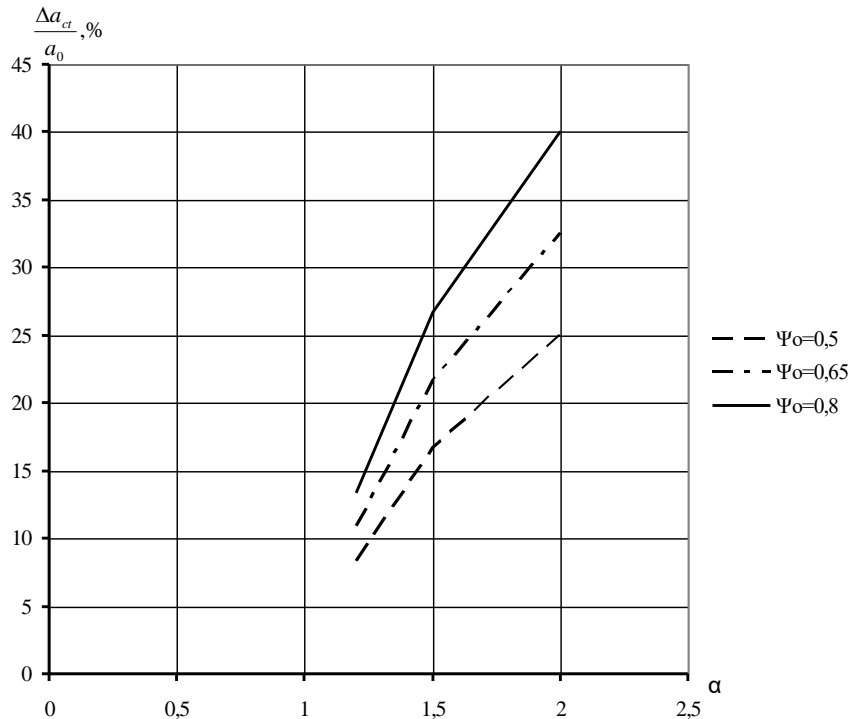


Рис. 1. Зависимость относительного снижения удельных энергозатрат $\frac{\Delta \dot{a}_{ct}}{a_0}$ от коэффициента роста объема добычи α в среднем за год

Из данных, приведенных на рис.1 и в табл. 1, можно сделать следующие выводы:

- даже для шахт с низким удельным энергопотреблением (40 кВт·ч/т) при увеличении добычи шахты в 1,2-2 раза снижение удельных энергозатрат составляет 3,34-10 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии 50%); 5,33-16 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%).

- если удельные энергозатраты составляют 100 кВт·ч/т, возрастание добычи в 1,2-2 раза приводит к уменьшению удельных энергозатрат на 8,33-25 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии составляет 50%); 13,3-40 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%);

- для шахт с удельным электропотреблением, равным 150 кВт·ч/т, при повышении объема добычи в 1,2-2 раза имеет место снижение удельных энергозатрат на 12,5-37,5 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии составляет 50 %); 20-60 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%).

Таблица 1

Анализ энергозатрат при добыче угля

Энергопотребление базового периода			Снижение удельных энергозатрат $\Delta a_{\text{пл}}$ за счет увеличения объема добычи в исследуемом периоде по сравнению с базовым, кВт·ч/т		
Удельные энергозатраты \dot{a}_0 в базовом году, кВт·ч/т	Доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии $\psi_0 \cdot 100$, %	Часть удельных энергозатрат $\dot{a}_{\text{п0}}$, определяемая постоянной составляющей, кВт·ч/т	Коэффициент роста нагрузки в среднем за год, α		
			1,2	1,5	2
40	50	20,0	3,34	6,67	10,00
100		50,0	8,33	16,67	25,00
150		75,0	12,50	25,00	37,50
40	65	26,0	4,33	8,67	13,00
100		65,0	10,83	21,67	32,50
150		97,5	16,25	32,50	48,75
40	80	32,0	5,33	10,67	16,00
100		80,0	13,33	26,67	40,00
150		120,0	20,00	40,00	60,00

Главным фактором повышения нагрузок на лавы является техническое переоснащение угольных шахт. В период с 2001 по 2007 годы в Украине разработано и внедрено высокоэффективное оборудование нового поколения для комплектации очистных забоев [4]:

- двухстоечные щитовые крепи ДМ, КДД, ДТ и ДТР со сроком службы до капитального ремонта не менее 8 лет, с повышенной несущей способностью и раздвижностью практически для всех возможных к промышленной отработке шахтопластов Украины в диапазоне свыше 0,85 м;

- высокопроизводительные очистные комбайны УКД300, КДК400, КДК500 и КДК600, оснащенные бесцепными системами подачи на базе частотно-регулируемого привода для диапазона пластов от 0,85 до 3,6 м и производительностью от 10 до 24 т/мин;

- ряд энерговооруженных скребковых забойных конвейеров, в том числе двухскоростные типа КСД: КСД26, КСД26В (установленная мощность привода 2х55/160 или 3х55/160 кВт, производительность 516 т/ч), КСД27 (мощность 2х65/200 кВт или 3х65/200 кВт, производительность 840 т/ч) и КСД29 (установленная мощность привода 2х120/360 кВт, производительность 1260 т/ч);

- насосные станции СНД200/32 и СНД300/40, а также их исполнения СНД200/32-05 и СНД300/40-05, обеспечивающие высокопроизводительную работу всех известных типов крепей. Насосные станции отличаются тем, что состоят из двух автономных насосных агрегатов и бака,

причем система управления обеспечивает как независимую работу насосных агрегатов (каждый работает на своего потребителя), так и параллельную на общего потребителя (при обслуживании высокопроизводительных механизированных комплексов или в составе центральных насосных станций).

В настоящее время на шахтах Украины широко используются очистные комплексы, оборудованные двухстоечными щитовыми механизированными крепями КД90, ДМ, КДД и ДТ. За период 1996-2007 гг., несмотря на сокращение среднедействующего количества очистных забоев в 2,6 раза (с 773,1 до 301,2 единиц), комплексно-механизированных забоев в 2,2 раза (с 428,3 до 197,5), в основном за счёт технического перевооружения угольных предприятий современными механизированными комплексами, объем добычи из КМЗ вырос на 9 млн. т – с 52,4 до 61,4 [4].

Среднестатистическая производительность выемки механизированными комплексами, оснащенными оборудованием нового поколения (1185 т/сут), в 2-2,5 раза выше, чем у комплексов на базе техники предыдущих поколений (517 т/сут). Непрерывно растет число комплексно-механизированных забоев, оснащенных современными мехкомплексами (рис. 2), объем добычи из них с 1996 по 2007 годы увеличился с 1,1 до 39,5 млн.т при одновременном снижении добычи из КМЗ с мехкомплексами предыдущих поколений с 51,3 до 21,9 млн.т [4].

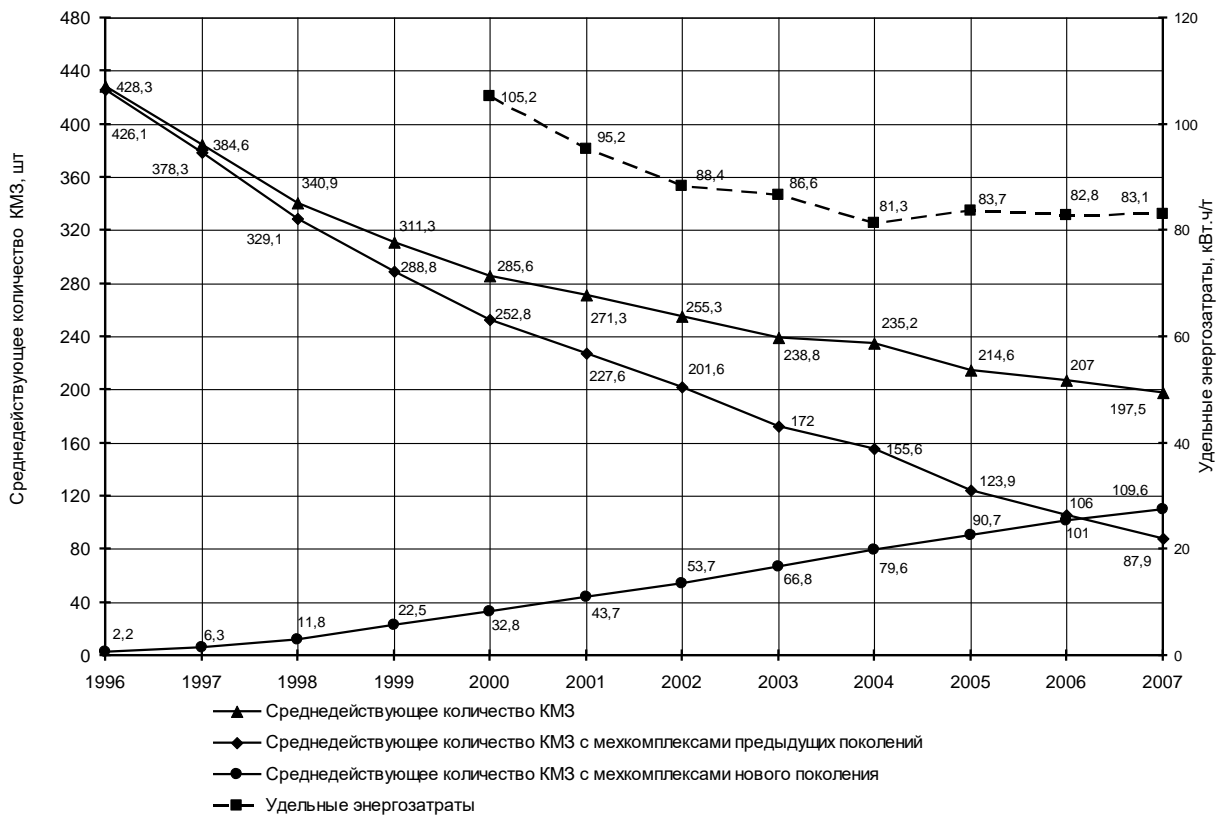


Рис. 2. Динамика изменения среднедействующего количества комплексно-механизированных забоев и удельных энергозатрат за 1996-2007 гг.

При этом внедрение мехкомплексов нового уровня обеспечило повышение энергетической эффективности работы угольной отрасли за счет снижения удельных энергозатрат со 105,2 до 83,1 кВт·ч/т

Выводы. Создание и внедрение высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения, помимо обеспечения высокоэффективной комплексно-механизированной отработки угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями

(среднестатистическая производительность выемки в 2-2,5 раза выше, чем у комплексов на базе техники предыдущих поколений), повышения безопасности и комфортности труда горняков очистного забоя, явилось мощным фактором энергосбережения и повышения энергетической эффективности угольной промышленности.

Комплектация КМЗ механизированными комплексами нового поколения, оборудованными двухстоечными щитовыми крепями КД90, ДМ, КДД и ДТ, обеспечила в 2000-2007 гг. стабилизацию добычи угля (78,1-83,4 млн. т) и снижение средних по отрасли удельных энергозатрат до 83 кВт·ч/т. Последнее положительным образом сказалось на его себестоимости. Статья «Электроэнергия» для указанного показателя имеет существенное значение, в частности, в 2007 г. ее доля в среднем по отрасли составила около 10 %.

К сожалению, по ряду причин экономического характера не все упомянутое выше оборудование нового поколения получило широкое распространение на предприятиях угольной промышленности, несмотря на высокие технико-экономические показатели, подтвержденные опытом эксплуатации.

Список литературы

1. Логвиненко В.И., Грядущий Б.А. Энергопотребление и энергосбережение на угольных предприятиях // Уголь Украины. – 2003. – № 11. – С. 26-28.
2. Основы электроснабжения горных предприятий / Под общ. ред. С.А. Волотковского. – К.: Вища школа, 1978. – 272 с.
3. Жуков Ю.П., Стехин А.П., Доценко С.А., Еременко А.А., Боронин В.Ф. Особенности энергосбережения угольными предприятиями // Уголь Украины. – 2006. – №10. – С. 12-14.
4. Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: Сб. научн. тр. / ГП «Донгипроуглемаш» / Под общ. ред. В.В. Косарева, Н.И. Стадника. – Донецк: Астро, 2008. – 800 с.